

УДК 577.1: 581.192

СИНЕРГИЗМ ПОЛИФЕНОЛОВ ЗЕЛЕННОГО ЧАЯ И КОРИЦЫ В ИНГИБИРОВАНИИ НЕФЕРМЕНТАТИВНОГО ГЛИКИРОВАНИЯ БЕЛКОВ

Д.Д. Романова, 2 курс

Научный руководитель – **А.Д. Кульгавеня**, старший преподаватель
Полесский государственный университет

В современной биохимии и медицине особое внимание уделяется процессам неферментативной модификации белков, известным как реакция Майяра. Накопление конечных продуктов гликирования (AGEs) является ключевым фактором патогенеза сахарного диабета, нейродегенеративных заболеваний и естественного старения организма [1].

По данным ВОЗ, в 2025 году более 422 млн человек страдали сахарным диабетом, что делает поиск эффективных и безопасных ингибиторов гликирования приоритетной задачей [2].

Зеленый чай и корица, благодаря высокому содержанию полифенольных соединений (катехинов, проантоцианидинов, коричневого альдегида), обладают множеством полезных свойств. Они действуют как мощные антиоксиданты, защищая клетки организма от окислительного стресса, снижая риск хронических заболеваний. Кроме того, они обладают противовоспалительным эффектом, который помогает уменьшать воспаление в организме, укрепляют иммунитет. Было доказано, что экстракты зеленого чая и корицы способствуют уменьшению уровня конечных продуктов гликирования (AGEs), что делает их полезными для профилактики диабетических осложнений [3].

Во многом, описанные выше эффекты, характерны для зеленого чая и корицы, обусловлены наличием полифенолов. Они играют ключевую роль в защите растений от ультрафиолетового излучения, патогенов и насекомых, а также участвуют в различных метаболических процессах [4]. Центральное положение полифенолы занимают в организации антиоксидантных свойств, которые препятствуют процессам апоптоза клеток, старению за счёт подавления образования активных форм кислорода [5].

Особый интерес вызывает синергизм полифенолов – явление, при котором комбинация соединений проявляет более выраженный ингибирующий эффект, чем индивидуальные компоненты. Это и делает актуальным исследование синергетического взаимодействия экстрактов зеленого чая и корицы при подавлении неферментативного гликирования белков.

Цель исследования провести оценку ингибирующего влияния комбинации экстрактов зеленого чая и корицы на процесс гликирования бычьего сывороточного альбумина (БСА).

В работе использовали таблетки «Зеленый чай экстракт 70 % EGCG» (ООО «Квадрат-С», РФ) и таблетки «Экстракт корицы» (ООО «Глобал Хэлфкеар», РФ), фосфатный буфер (PBS, 0,1 М, pH 7,4), бычий сывороточный альбумин и фруктозу (1,25 М).

Исследования выполнены на базе учебной химической лаборатории биотехнологического факультета Полесского государственного университета.

Качественная оценка проводилась реакцией Майяра и появлением флуоресценции в ультрафиолетовом облучении [6].

Образцы готовили растворением в стерильном фосфатном буфере (PBS, 0,1 М, pH 7,4) до конечной концентрации 10 мг/мл. Моделирование гликирования проводили на основе БСА (20 мг/мл) и фруктозы (1,25 М) в фосфатном буфере. Инкубацию осуществляли при температуре 51 °С в течение 7 суток. В исследованиях использовался спектрофотометрический метод с измерением оптической плотности при длине волны 405 нм [7]. Все исследования проводили в трех повторностях. Статистическую значимость различий между группами оценивали с помощью двухвыборочного t-критерия Стьюдента для независимых выборок после проверки равенства дисперсий. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Расчеты проводили в программе Microsoft Excel для определения достоверности.

Результаты качественной оценки визуальное пожелтение раствора и флуоресценция показаны в таблице 1.

Таблица 1. – Качественная оценка гликирования в опытных группах

№ группы	Состав	Изменение окраски раствора	Флуоресценция
1	БСА + буфер	Отсутствует	Отсутствует
2	БСА + фруктоза	Интенсивное	Интенсивная
3	БСА + фруктоза + чай	Интенсивное	Интенсивная
4	БСА + фруктоза + корица	Интенсивное	Интенсивная
5	БСА + фруктоза + чай + корица	Слабое	Слабая

При раздельном внесении экстрактов чая (группа № 3) или корицы (группа № 4) наблюдается интенсивность изменения окраски раствора и флуоресценции, как и в смеси БСА с фруктозой (группа № 2). В то же время в группе №5 наблюдается незначительное изменение окраски раствора и флуоресценция, что показывает наиболее выраженное ингибирующее действие на процессы неферментативного гликирования.

Содержание AGEs в опытных группах оценивали также по изменению оптической плотности (таблица 2).

Таблица 2. – Оптическая плотность исследуемых групп

№ группы	Состав реакционной смеси	Оптическая плотность
2	БСА + Фруктоза	$0,6233 \pm 0,0022$
3	БСА + Фруктоза + Экстракт чая	$0,6427 \pm 0,0026$
4	БСА + Фруктоза + Экстракт корицы	$0,8730 \pm 0,0537$
5	БСА + Фруктоза + Смесь чая и корицы (1:1)	$0,4892 \pm 0,0011$

Примечание: группа 1 исключена из анализа из-за нарушения герметичности пробы.

Различия между группой 2 (контроль) и группами 3, 4, 5 статистически значимы ($p < 0,001$ для всех сравнений). Статистическую значимость различий оценивали с помощью t-критерий Стьюдента ($df = 4$).

Было выяснено, что индивидуальные экстракты зеленого чая и корицы (группы 3 и 4) не снижают оптическую плотность опытных групп по сравнению с группой 2. Это обусловлено высоким коэффициентом собственного поглощения полифенолов при 405 нм. Однако в группе 4 с комбинацией экстрактов наблюдается снижение оптической плотности на 21,5 % относительно контроля, что доказывает наличие синергетического взаимодействия между компонентами. Активные компоненты корицы преимущественно ингибируют начальные этапы формирования оснований

Шиффа, в то время как катехины зеленого чая (EGCG) эффективно нейтрализуют реактивные ди-карбонильные соединения (метилглиоксаль) на пост-амадориевой стадии [8].

Проведённое исследование позволило подтвердить наличие синергетического эффекта при комбинации экстрактов зеленого чая и корицы, что говорит о возможности применения данной растительной комбинации для профилактики диабетических осложнений и замедления процессов старения.

Список использованных источников

1. Леонова, Т. С. Влияние конечных продуктов глубокого гликирования на клеточные процессы / Т. С. Леонова, М. В. Вихнина, Т. В. Гришина [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 12-1 (78). – С. 34–38.
2. ВОЗ: число больных диабетом за три десятилетия выросло более чем в четыре раза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://news.un.org/ru/story/2025/11/1466829>– Дата доступа: 14.04.2026.
3. Мазо, В. К. Взаимодействие полифенолов пищи с белками: перспективы диетотерапии метаболического синдрома и сахарного диабета 2-го типа / В. К. Мазо, Н. А. Петров, В. А. Саркисян, А. А. Кочеткова // Проблемы эндокринологии. – 2018. – Т. 64, № 4. – С. 234–240.
4. Оуян П., Пэн В. Л., Сюй Д. Л., Лай В. Ю., Сюй А. Л. Полифенолы зеленого чая подавляют пролиферацию гладкомышечных клеток сосудов крыс, вызванную конечными продуктами гликирования // Di Yi Jun Yi Da Xue Xue Bao = Journal of the First Military Medical University. 2004. Vol. 24, no. 3. P. 247–251. PMID: 15041533.
5. Бодорев, М. М. Антиоксидантные свойства зеленого и черного чая / М. М. Бодорев, А. Д. Поверин, В. П. Тихонов, Ю. А. Тырсин // Пиво и напитки. – 2008. – № 3. – С. 32–35.
6. Валенсия Дж.В., Уэлдон С.С., Куинн Д., Кирс Г.Х., Де Гроот Й., Те Коппеле Й.М., Хьюз Т.Э. Лиганды конечных продуктов гликирования для рецептора конечных продуктов гликирования: биохимическая характеристика и кинетика образования // Analytical Biochemistry. – 2003. – Vol. 322, No. 2. – P. 249–258.
7. Сюэ, Х. Взаимодействие полифенолов с полисахаридами/белками: механизмы, факторы влияния, физико-химические и функциональные свойства : обзор / Х. Сюэ, И. Гао, Ц. Ши, Х. Гао, К. Се, Дж. Тан // Int J Biol Macromol. – 2025. – Vol. 309, pt. 2. – Art. no. 142793. – DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.142793. – PMID: 40194573.
8. Данилова, Л. А. Гликированные протеины / Л. А. Данилова // Педиатр. – 2019. – № 5. – С. 45–50.